

射频深度学习

周鑫

(13269206656, zhouxin@iscas.ac.cn)

论文：

基于图像深度学习的无线电信号识别[J]. 通信学报, 2019, 40(7): 114-125.

Wireless Signal Recognition Based on Deep Learning for LEO Constellation Satellite[C]. 2019.

Radio Source Identification based on Box Dimension of PF and SIB Fusion[C]. 2019.

1. 概念与内涵

射频深度学习（Radio Frequency Deep Learning, RFDL）是利用人工智能手段，提高射频频谱辨识、理解和利用能力的技术统称，是一种新兴的涉及人工智能、电子通信、计算机等领域的跨学科研究方向。它萌芽于上世纪90年代，但直到2017年才开始系统化研究。RFDL的内涵非常丰富，不仅包括传统的调制识别、空闲频谱预测，还包括波形识别、射频指纹识别、信道估计、射频指纹合成、智能编解码等，是未来认知电子战、电子侦察、综合频管等领域的关键支撑技术。

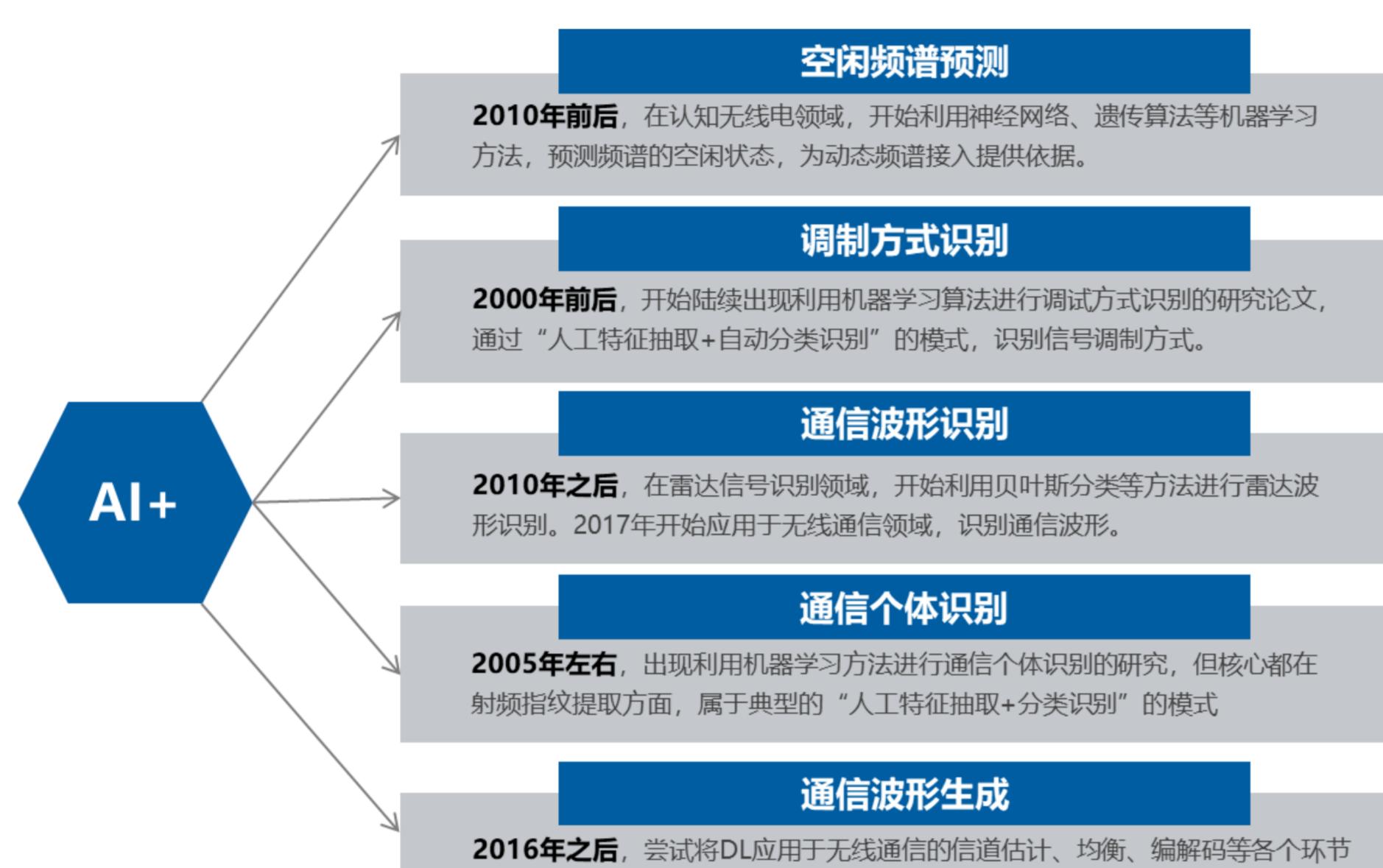


图1 RFDL研究分支

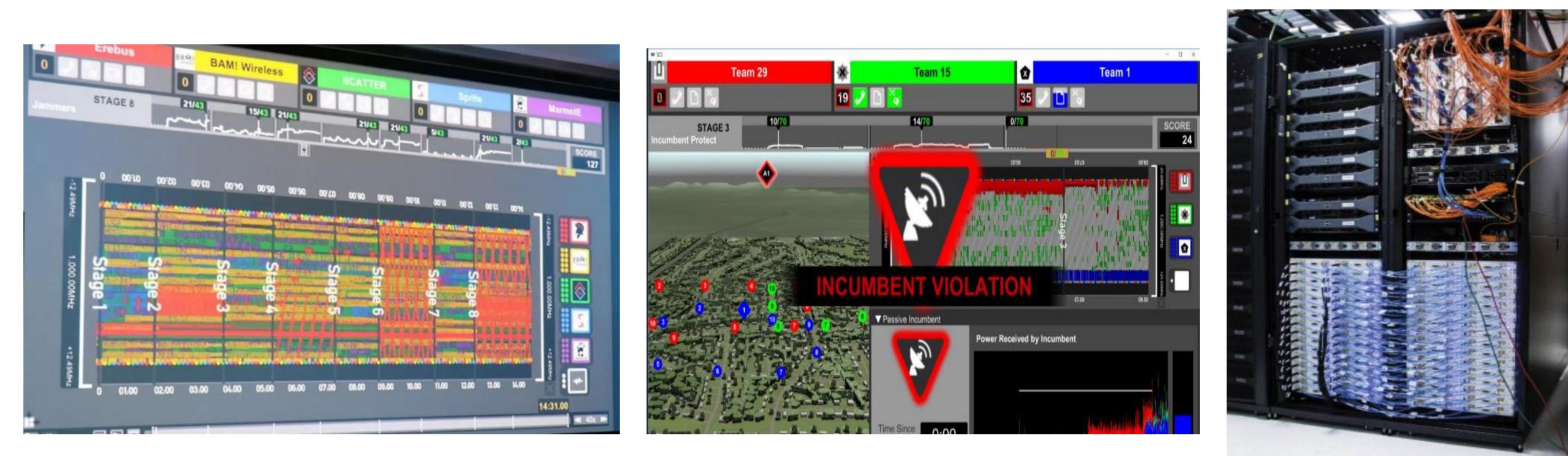


图2 无线电虚拟靶场——“斗兽场” 2017~2019年，美国DARPA启动频谱协作挑战赛(SC2)，探索将机器学习技术应用于无线电领域，提高频谱利用效率。并以此为背景，研制了世界上最大的无线电虚拟测试平台，可同时模拟6万余条射频链路，成为无线电相关领域研究的重要基础设施。

2. 技术途径

本研究以无线电信号识别为突破口，提出一种利用图像深度学习方法解决无线电信号识别问题的技术思路：首先把无线电信号具象化为一张二维图片，将无线电信号识别问题转化为图像目标检测问题；进而通过迁移学习图像识别领域的神经网络模型，提高复杂电磁环境下的无线电信号识别能力。该思路具有很强的通用性和启发性，但针对不同的信号对象，所适用的具象化方法和目标检测神经网络可能会有所不同。

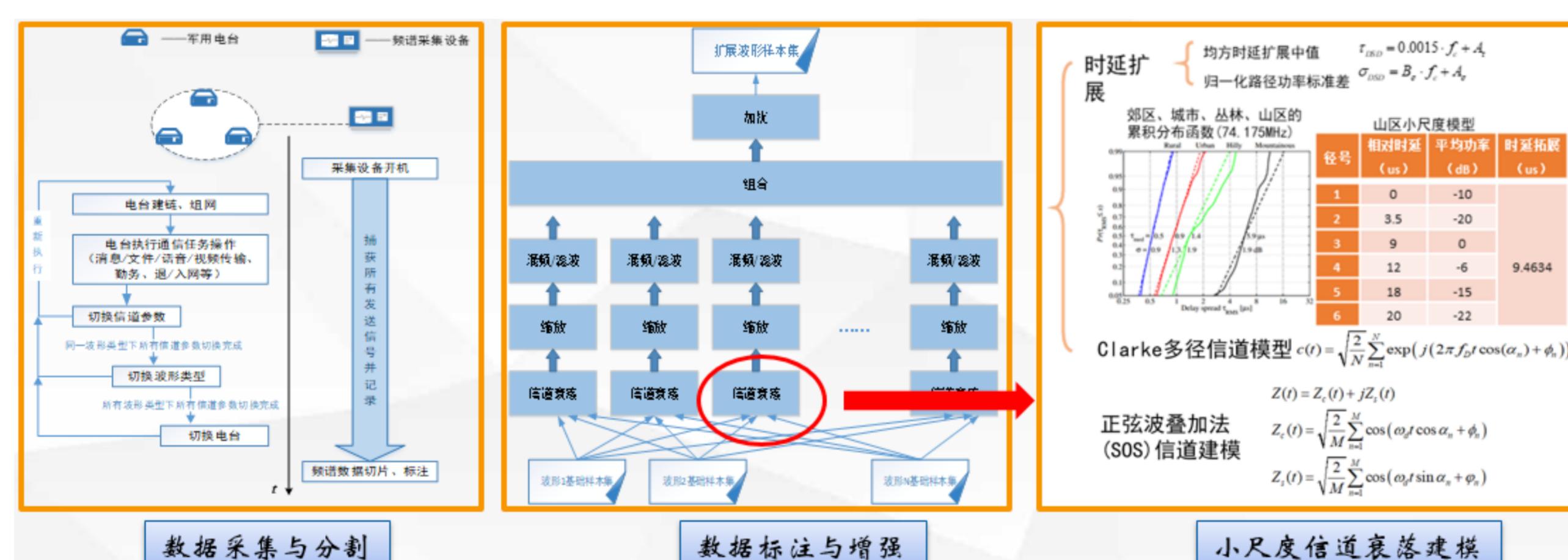


图3 数据集构建步骤 采用“小样本标注+大数据增强”的思路构建频谱数据集，原始数据全部来源于空口采集，扩展后的数据集包含13种信号、14万样本。

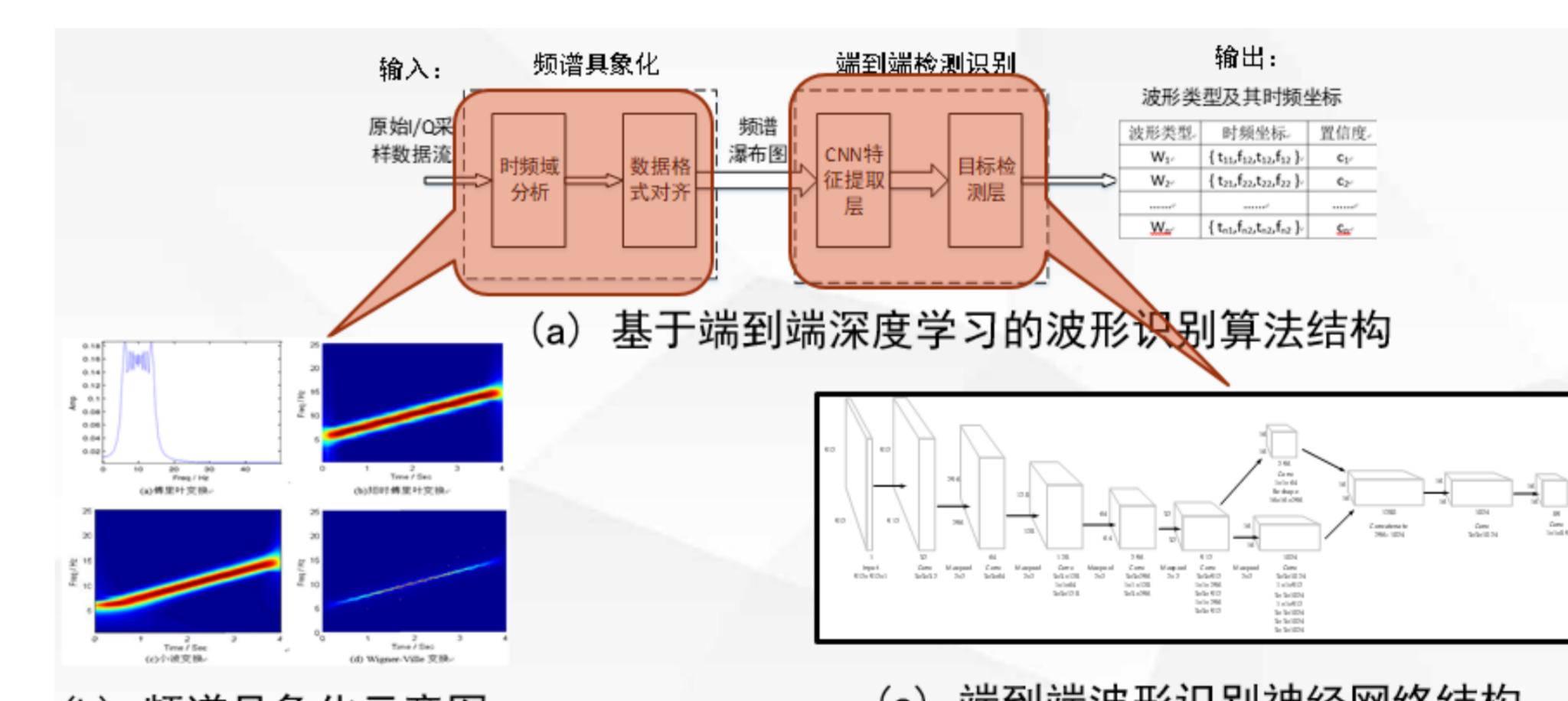


图4 端到端波形识别算法 算法由频谱具象化模块和端到端检测识别模块两部分组成。前者依据领域知识，将原始IQ数据变换为更能凸显信号特征的表达域；后者利用神经网络进行目标检测与分类。

3. 研究成果

算法在USRP+GNURadio平台下进行了验证，如图5所示。测试结果表明，该算法的识别准确度达到97%，识别灵敏度约为12dB，比传统机器学习算法提高了约3dB。

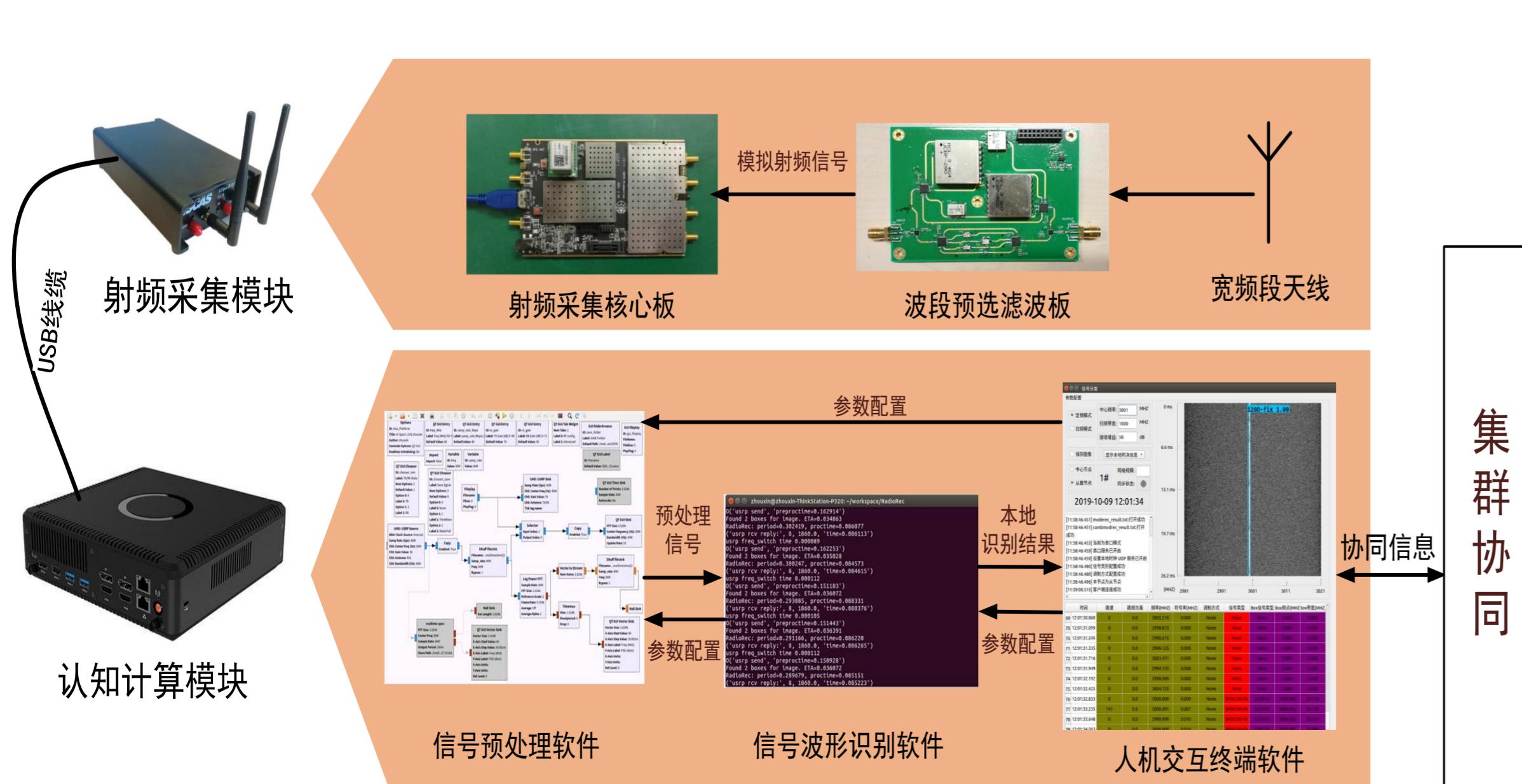


图5 原理验证系统

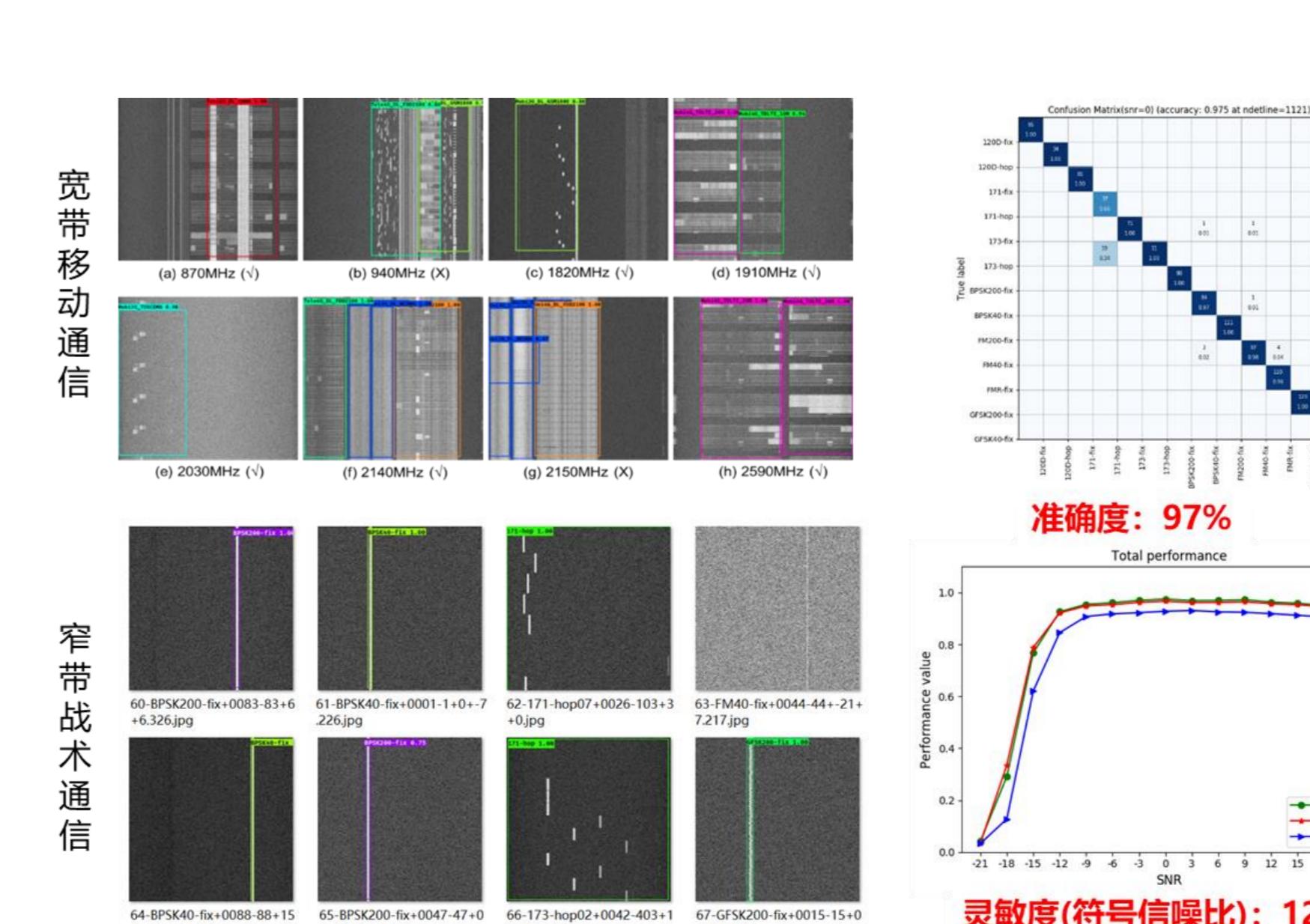


图6 波形识别结果与性能曲线图



图7 第三方竞赛测试——频谱识别组第一名